

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

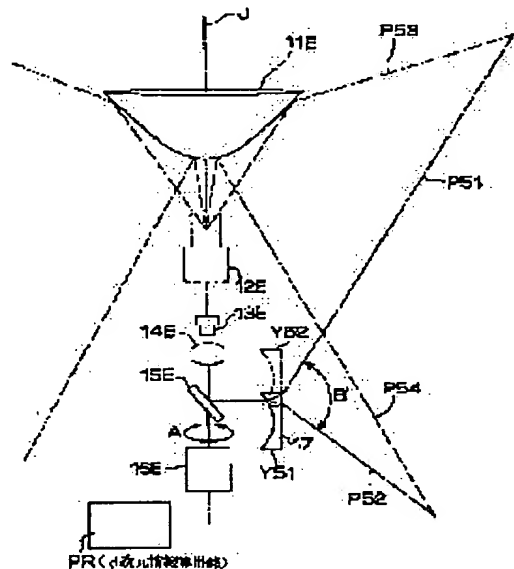
**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(11)Publication number : 11-218409  
(43)Date of publication of application : 10.08.1999

G01B 11/00  
G06T 7/00

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD  
(72)Inventor : NORITA TOSHIO  
YAGI FUMIYA

1E

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

01/07/10 15:4:

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-218409

(43)公開日 平成11年(1999)8月10日

(51) Int Cl.<sup>8</sup>

識別記号

FI

G O I B 11/00

G O 1 B 11/00

H

G O 6 T 7/00

G O 6 F 15/62

415

審査請求 未請求 請求項の数3 O.L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-21992

(22)出願日 平成10年(1998)2月3日

(71) 出國人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 棚田 寿夫

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 發明者 八木 史也

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

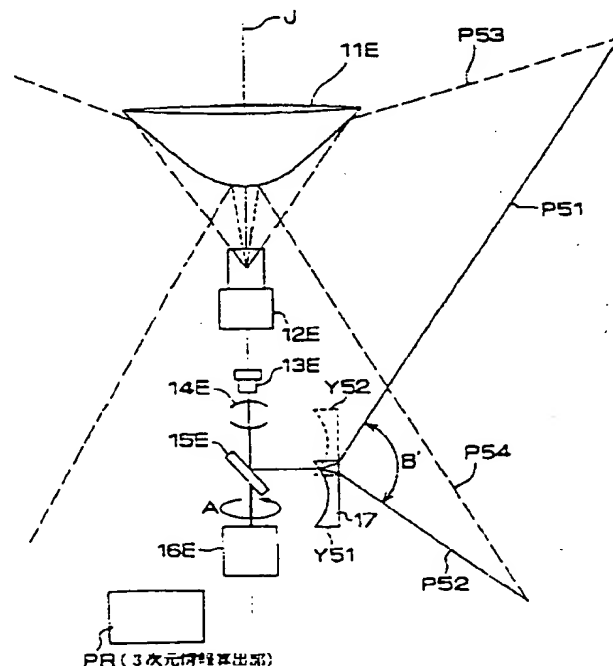
(74)代理人 弁理士 久保 幸雄

(54) 【発明の名称】 3次元情報計測方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】広い角度範囲にわたる空間に配置された物体の3次元情報を比較的簡単な構成で高速に且つ安定して計測できるようにすること。

【解決手段】回転体型ミラー１１と当該回転体型ミラー１１の中心軸Ｊに受光軸が一致するように配置された撮像装置１２とを用い、中心軸Ｊ上の周囲の空間に配置された対象物の３次元情報を計測する３次元情報計測方法であって、中心軸Ｊ上から参照光を投射して対象物を走査し、参照光の投射角度 $\delta$ に対応する物理量と、対象物により反射された参照光が回転体型ミラー１１を介して撮像装置１２で撮像されたときに得られる投影像の位置に対応する物理量とに基づいて、対象物の３次元情報を求める。

1E

# 【特許請求の範囲】

【請求項1】回転体型ミラーと当該回転体型ミラーの中心軸に受光軸が一致するように配置された撮像装置とを用い、前記中心軸の周囲の空間に配置された対象物の3次元情報を計測する3次元情報計測方法であって、前記中心軸上から参照光を投射して前記対象物を走査し、

前記参照光の投射角度に対応する物理量と、前記対象物により反射された前記参照光が前記回転体型ミラーを介して前記撮像装置で撮像されたときに得られる投影像の位置に対応する物理量とに基づいて、前記対象物の3次元情報を求める、

ことを特徴とする3次元情報計測方法。

【請求項2】回転体型ミラーと当該回転体型ミラーの中心軸に受光軸が一致するように配置された撮像装置とを有し、前記中心軸の周囲の空間に配置された対象物の3次元情報を求める3次元情報計測装置であって、ビーム状の参照光を投射する参照光投射手段と、前記参照光の投射方向が前記中心軸を中心とする周方向に変化するように前記参照光を偏向して主走査を行うための主走査手段と、

前記参照光の投射方向が前記中心軸に沿った方向に変化するように前記参照光を偏向して副走査を行うための副走査手段と、

前記参照光の副走査における投射方向である投射角度に対応する物理量と、前記対象物により反射された前記参照光についての前記撮像装置により得られる投影像の位置に対応する物理量とに基づいて、前記対象物の3次元情報を求める3次元情報算出手段と、

を有してなることを特徴とする3次元情報計測装置。

【請求項3】回転体型ミラーと当該回転体型ミラーの中心軸に受光軸が一致するように配置された撮像装置とを有し、前記中心軸の周囲の空間に配置された対象物の3次元情報を求める3次元情報計測装置であって、前記中心軸上に設けられ、円錐面状に広がる放射状の参照光を投射する放射状参照光投射手段と、

前記参照光の投射角度が変化するように前記参照光を偏向して副走査を行うための副走査手段と、

前記参照光の副走査における投射方向である投射角度に対応する物理量と、前記対象物により反射された前記参照光についての前記撮像装置により得られる投影像の位置に対応する物理量とに基づいて、前記対象物の3次元情報を求める3次元情報算出手段と、

を有してなることを特徴とする3次元情報計測装置。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体の3次元情報を広い角度範囲にわたって計測して入力するための3次元情報計測方法及び装置に関し、例えば、周囲180度、270度、さらには360度の全方位にわたって計

測することの可能な3次元情報計測方法及び装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、バーチャルリアリティや移動ロボットの技術がめざましく進歩してきている。これらの分野では、撮影の対象となる物体の3次元情報を入力することが必要とされ、これにともなって3次元情報計測装置に対する関心と需要が高まっている。

【0003】移動ロボットにおいては、移動する際、障害物に衝突しないようにするために、常に周囲に障害物がないかどうかを監視し、障害物がある場合にはこれを避ける必要がある。周囲にある物体が障害物であるか否かの判断は、例えば、移動ロボットに3次元情報計測装置を搭載することによって周囲にある物体までの距離を計測し、その距離が所定の値よりも小さな値となったとに基づいて行われる。このような判断は、実時間で行う必要があり、各方位毎についての距離の計測を全周にわたって高速で行うことが要求される。

【0004】従来より、周囲にある物体までの距離を広い角度範囲にわたって計測する手法として、距離計測装置のカメラ部分を撮影しながら回転させる手法が用いられている。回転が遅い場合には各方位についてカメラの視線が物体をとらえるタイミングの時差が大きくなり、鈍い監視となる。回転を高速にすれば、カメラの視線が速く周囲を見廻すので、時差が小さくなり、鋭い監視となる。しかし、そのための機構が大型化し、回転による騒音の問題が生じる。

【0005】一方、カメラ部分を回転させる代わりに、距離測定のための参照光の投光及び受光を行うための2つのミラーを一体的に設け、それらを同時に回転させる全方位距離検出装置が提案されている（特開平7-11142号）。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述の公報に開示された全方位距離検出装置では、前述のミラーを周壁が透明な円筒形のケーシングの中に収め、ケーシングの軸まわりに回転させることにより参照光を周囲の物体に照射し、その反射光を受けることにより距離計測を行っている。ミラーはロータを介したモータによって駆動されており、ロータやモータなども全てケーシングの中に収められているため回転騒音が低減される効果がある。しかし、カメラの視線を回転させる手法に比べて構造が複雑である。参照光の投光及び受光のための2つのミラーを同時に回転させるためにサイズが大きくなり、回転を高速にした場合に装置の安定性が悪くなる。

【0007】本発明は上述の問題に鑑みてなされたもので、広い角度範囲にわたる空間に配置された物体の3次元情報を比較的簡単な構成で高速に且つ安定して計測することのできる3次元情報計測方法及び装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る方法は、回転体型ミラーと当該回転体型ミラーの中心軸に受光軸が一致するように配置された撮像装置とを用い、前記中心軸の周囲の空間に配置された対象物の3次元情報を計測する3次元情報計測方法であって、前記中心軸上から参照光を投射して前記対象物を走査し、前記参照光の投射角度に対応する物理量と、前記対象物により反射された前記参照光が前記回転体型ミラーを介して前記撮像装置で撮像されたときに得られる投影像の位置に対応する物理量とに基づいて、前記対象物の3次元情報を求める。

【0009】請求項2の発明に係る装置は、回転体型ミラーと当該回転体型ミラーの中心軸に受光軸が一致するように配置された撮像装置とを有し、前記中心軸の周囲の空間に配置された対象物の3次元情報を求める3次元情報計測装置であって、ビーム状の参照光を投射する参照光投射手段と、前記参照光の投射方向が前記中心軸を中心とする周方向に変化するように前記参照光を偏向して主走査を行うための主走査手段と、前記参照光の投射方向が前記中心軸に沿った方向に変化するように前記参照光を偏向して副走査を行うための副走査手段と、前記参照光の副走査における投射方向である投射角度に対応する物理量と、前記対象物により反射された前記参照光についての前記撮像装置により得られる投影像の位置に対応する物理量とに基づいて、前記対象物の3次元情報を求める3次元情報算出手段と、を有してなる。

【0010】請求項3の発明に係る装置は、前記中心軸上に設けられ、円錐面状に広がる放射状の参照光を投射する放射状参照光投射手段と、前記参照光の投射角度が変化するように前記参照光を偏向して副走査を行うための副走査手段と、前記参照光の副走査における投射方向である投射角度に対応する物理量と、前記対象物により反射された前記参照光についての前記撮像装置により得られる投影像の位置に対応する物理量とに基づいて、前記対象物の3次元情報を求める3次元情報算出手段と、を有してなる。

【0011】投射角度に対応する物理量として、投射角度それ自体、又は投射角度に関連した物理量、例えば、副走査を開始してから経過時間、光源、ミラー、又はスリットなどの移動量などが用いられる。投影像の位置に対応する物理量として、投影像の位置の基準位置からの距離、投影像が投影された画素のらむ方向などが用いられる。

【0012】本明細書において「中心軸上から参照光を投射して」との記載中の「中心軸上」には、中心軸上及びその周辺を含む。

【0013】

【発明の実施の形態】〔第1の実施形態〕図1は第1の実施形態に係る3次元情報計測装置1Aの構成を示す図

である。

【0014】図1において、3次元情報計測装置1Aは、映像ミラー11A、撮像装置12A、光源13A、走査光学系14A、走査ミラー15A、及び回転駆動装置16Aなどから構成される。

【0015】映像ミラー11Aは、双曲線、楕円、放物線などの二次曲線を中心軸である軸Jのまわりに回転させて得られる二次曲面を有した回転体型ミラー（又は回転面型ミラー）である。つまり、映像ミラー11Aは、軸Jに関して対称であり、しかも軸Jを含む平面による断面がその接線の横軸に対する傾きを単調に増加させる曲線となる形状である。映像ミラー11Aは、軸Jが鉛直方向に沿うように、且つ反射面が下方に向いた状態に設置される。

【0016】映像ミラー11Aの下方には、受光軸が軸Jに一致するように撮像装置12Aが設けられている。撮像装置12Aは光学レンズ及び撮像素子を備える。撮像装置12Aとして例えばビデオカメラが用いられる。撮像装置12Aには映像ミラー11Aで反射した光が入射するので、撮像装置12Aによって全方位を対象とした撮影が可能である。したがって、軸Jのまわりの全ての方位に存する物体の像は、撮像装置12Aそれ自体をはじめとして3次元情報計測装置1Aの各構成部材によって影になる部分を除けば、撮像装置12Aの撮像素子により同時に撮像される1つの画像の中に取り込まれることとなる。

【0017】撮像装置12Aの下方には、軸Jに沿って、光源13A、走査光学系14A、走査ミラー15A、及び回転駆動装置16Aがこの順で設置されている。光源13Aからは参照光が発せられ、走査光学系14Aを通ることによって適当な径を有する参照光ビームに整えられる。この参照光ビームは、走査ミラー15Aで反射して周囲の空間へ投射される。

【0018】走査ミラー15Aは、軸Jに垂直な軸のまわりに角度制御が可能である。つまり、走査ミラー15Aの反射面に垂直な軸と軸Jとのなす角度である偏角 $\phi$ が、所定の範囲で可変制御される。したがって、走査ミラー15Aから投射される参照光ビームは、例えば、偏角 $\phi$ が最小のときに実線P11の方向に投射され、偏角 $\phi$ が最大のときは実線P12の方向に投射される。すなわち、実線P11とP12との間の矢印B'で示す角度範囲において、参照光ビームが照射される。この角度範囲内に物体が存する場合に、その物体は参照光ビームによって軸Jに沿った方向に走査される。物体からの反射光は、破線P13、P14などで示される経路を経て撮像装置12Aに入射する。

【0019】本明細書において、軸Jに沿った方向の走査を副走査とする。副走査のために、走査ミラー15Aに対して偏角 $\phi$ の制御機構が設けられる。但し、走査ミラー15Aとして、角度制御機構付のもの、例えばガル

パノスキャナーのようなものを使用すれば、偏角 $\phi$ の制御のための機構を別途設けることなく、簡易な構成で実現できる。

【0020】回転駆動装置16Aは、モータ又はモータとギヤなどからなり、走査ミラー15A、又は走査ミラー15Aに加え光源13Aと走査光学系14Aのいずれか又は両方を、矢印Aで示すように軸Jを中心として回転させる。これによって、走査ミラー15Aから投射される参照光ビームは、軸Jを中心とする周方向に変化するように偏向され、軸Jのまわりの全ての方位に照射される。したがって、軸Jのまわりのどの方位に存する物体に対しても、参照光ビームによる走査が行われる。本明細書において、軸Jを中心とする周方向の走査を主走査とする。

【0021】3次元情報計測装置1Aでは、上述した主走査と副走査とを組み合わせることによって、矢印B'で示す角度範囲について全ての方位に走査が行われ、その範囲内に存する物体の計測が行われる。

【0022】つまり、主走査の1周期（矢印Aの方向の1回転）に対し、走査ミラー15Aの角度を副走査方向の分解能分だけ変化させ、この角度の変化を矢印B'で示す範囲で片道1回の副走査の間繰り返す。これによって、矢印B'で示す範囲において、軸Jまわりの全方位にわたって、存在する物体を参照光ビームで走査する。

【0023】次に、3次元情報計測装置1Aによって物体の3次元情報を計測する原理について、図2及び図3などを参照して説明する。図2は3次元情報計測装置1Aが3次元形状の物体OB1～OB4の置かれた環境下に設置された状態を示す図である。

【0024】図3は図2の状態での3次元情報計測装置1Aを動作させた場合において、ある副走査タイミングにおける主走査の1周期に対して、撮像装置12Aによって撮像される参照光スポットの軌跡Z1～Z4の例を示す図である。

【0025】図3において、参照光スポットの方位角を基準縦軸Yから時計まわりに計った角度 $\theta$ で表し、また、参照光スポットの観測位置を画像の中心Oからの距離 $r$ で表す。

【0026】この場合、方位角 $\theta$ の角度位置における参照光スポットの観測位置 $r$ は、参照光ビームの投射の起点位置が明らかになっていれば、その参照光ビームが投射されたときの投射角度 $\delta$ と、参照光ビームの投射の起点位置からその参照光ビームが到達する物体OB上の点Pまでの距離 $d$ （図2参照）とによって、一意に定まる。投射角度 $\delta$ は、走査ミラー15Aの偏角 $\phi$ によって一意に定まる。すなわち、換言すれば、物体OBまでの距離 $d$ は、走査ミラー15Aの偏角 $\phi$ と観測位置 $r$ とから求められる。

【0027】したがって、距離 $d$ は、映像ミラー11Aの形状定義式と、撮像装置12A及び走査光学系14A

などの位置関係とから、三角測距の原理に基づいて算出可能である。このような処理又は操作を0～360度の全ての方位角 $\theta$ について繰り返すことにより、走査ミラー15Aのある偏角 $\phi$ に関して、軸Jまわりの全周の角度範囲に存する物体OBについての距離 $d$ を算出することができる。さらに偏角 $\phi$ を副走査範囲内で変化させることによって、軸Jまわりの全方位にわたって置かれた物体OBについての3次元情報を算出することができる。

【0028】3次元情報算出部PRにおいて、撮像装置12Aの撮像素子からの出力、主走査及び副走査における制御量又は係数、及び予め設定された定数などに基づいて、全方位についての距離 $d$ の算出、つまり物体OBの3次元情報の算出が行われる。その算出方法及び処理回路については後述する。〔第2の実施形態〕図4は、第2の実施形態に係る3次元情報計測装置1Bの構成を示す図である。

【0029】3次元情報計測装置1Bにおいても、第1の実施形態に係る3次元情報計測装置1Aの場合と同様な形状の映像ミラー11Bが設けられる。映像ミラー11Bの下方に、受光軸が軸Jに一致するように撮像装置12Bが設けられている。

【0030】撮像装置12Bの下方で且つ軸Jに沿った位置に、円錐状光投射装置43及び走査ミラー44が設けられている。円錐状光投射装置43は、投射口43Kから円錐面状の参照光45を下方へ向かって投射する。つまり、参照光45は、その進行方向に直角な面による断面が円環であり、進行方向への距離に比例して直径が大きくなる。走査ミラー44は、映像ミラー11Bと同様な形状であり、その反射面が上方に向いた状態に設置される。走査ミラー44の反射面に当たる参照光45は環状となる。走査ミラー44は、駆動装置46によって、軸Jに沿った上下方向に往復直線移動する。走査ミラー44の移動によって、円錐状光投射装置43と走査ミラー44との間の距離が変化する。これによって、参照光45の走査ミラー44に当たる位置が変化し、その反射光の投射角度 $\delta$ が変化する。

【0031】走査ミラー44が破線Y21の位置にある場合には、参照光45は走査ミラー44の傾きの小さい位置に入射して反射され、放射状の参照光P21となって周囲空間に投射される。走査ミラー44が実線Y22の位置にある場合には、参照光45は走査ミラー44の傾きの大きい位置に入射して反射され、放射状の参照光P22となって周囲空間に投射される。投射された参照光P21、22の物体からの反射光は、破線P23、P24などで示される経路を経て撮像装置12Bに取り込まれる。このように、参照光P21、22は、0～360度の全ての方位角 $\theta$ にわたって同時に、つまり主走査方向に対しては同時に投射され、走査ミラー44の移動によって副走査が行われる。

【0032】したがって、第2の実施形態の3次元情報計測装置1Bにおいては、第1の実施形態の場合のように主走査を行うための回転駆動装置16Aを設ける必要がない。その上、参照光P21、22は全方位に対して同時に投射されるので、第1の実施形態のような周方向における走査の時差がない。

【0033】3次元情報計測装置1Bにおいても、第1の実施形態の3次元情報計測装置1Aと同様の原理で物体OBの3次元情報が計測される。すなわち、参照光45が走査ミラー44によって反射され、放射状の参照光を投射角度 $\delta$ で投射しているときの走査ミラー44の位置を $y$ とする。この場合、撮像装置12Bにおける参照光の観測位置 $r$ は、図2及び図3に示す場合と同様に、投射角度 $\delta$ と、参照光ビームの投射の起点位置からその参照光ビームが到達する物体OB上の点Pまでの距離 $d$ （図2参照）とによって、一意に定まる。したがって、物体OBまでの距離 $d$ は、走査ミラー44の位置 $y$ と観測位置 $r$ とから求められる。

【0034】なお、走査ミラー44を移動させる代わりに、円錐状光投射装置43を移動させてもよい。

【第3の実施形態】図5は第3の実施形態に係る3次元情報計測装置1Cの構成を示す図、図6は3次元情報計測装置1Cに用いられるマスク54の外観を示す図である。

【0035】図5に示されるように、3次元情報計測装置1Cにおいても、第1の実施形態における3次元情報計測装置1Aの場合と同様な形状の映像ミラー11Cが設けられ、その下方において軸Jに受光軸が一致する撮像装置12Cが設けられている。撮像装置12Cの下方には、軸J上に光源53が設けられている。また、光源53を覆うように、円筒状のマスク54が軸J上に設けられている。マスク54は、駆動装置55によって、軸Jに沿った上下方向に往復直線移動する。

【0036】図6によく示されるように、マスク54の外周面にはその周方向に沿って1周分のスリットS1が設けられている。スリットS1は、マスク54の一部を透明材料で製作することによって設けられる。また、上下に2分割された円筒状部材を隙間を開けて配置し、それらを構造部材によって互いに連結することによって、スリットS1の設けられたマスク54を構成してもよい。

【0037】光源53から放射される光は、スリットS1から洩れて外部に放射される。すなわち、図5に示すように、光源53から放射された光は、マスク54が破線Y31の位置にある場合には、断面が円環状の参照光P31となって周囲に投射される。マスク54が実線Y32の位置にある場合には、同じく円環状の参照光P32となって周囲に投射される。このように、マスク54の移動によって、図5の矢印Q2で示される範囲に参照光が投射される。したがって、マスク54を移動させる

ことによって、軸Jまわりの全方位にわたり、周囲に存在する物体を参照光で走査することができる。物体からの反射光は、破線P33、P34などを経て撮像装置12Cに取り込まれる。

【0038】なお、マスク54を移動させる代わりに、光源53を移動させてもよい。

【第4の実施形態】図7は第4の実施形態に係る3次元情報計測装置1Dの構成を示す図、図8は3次元情報計測装置1Dに用いられるマスク64の外観を示す図である。

【0039】図7に示されるように、3次元情報計測装置1Dにおいても、第1の実施形態の場合と同様な形状の映像ミラー11Dが設けられ、その下方において受光軸が軸Jに一致する撮像装置12Dが設けられている。撮像装置12Dの下方において軸J上に光源63が設けられている。また、光源63を覆うように、円筒状のマスク64が軸J上に設けられている。マスク64は、駆動装置65によって、軸Jを中心として回転駆動される。

【0040】図8によく示されるように、マスク64の外周面に螺旋状の1周分のスリットS2が設けられている。スリットS2は、マスク64の一部を透明材料で製作することによって設けられる。

【0041】光源63から放射される光は、スリットS2から洩れて外部に参照光として投射される。スリットS2が螺旋状であるため、スリットS2を抜けた参照光は螺旋状に放射される。すなわち、図7に示すように、光源63から放射された光は、周方向のある角度位置では上方へ向かう参照光P41となり、周方向の他のある角度位置では下方へ向かう参照光P42となる。このように、外部へ投射される参照光は、周方向の角度位置に応じてその投射角度 $\delta$ が異なり、全体として投射角度 $\delta$ の最大と最小との間において螺旋状に連続する。このような螺旋状の参照光は、それ自体がマスク64の回転にともなって回転し、マスク64が1回転することによって、周方向の全ての角度に対して矢印Q3で示される範囲の全ての方位に投射される。

【0042】したがって、マスク64を回転させることによって、軸Jまわりの全方位にわたり、周囲に存在する物体を参照光で走査することができる。物体からの反射光は破線P43、P44などの経路を経て撮像装置12Dに取り込まれる。

【0043】3次元情報計測装置1Dにおいては、距離 $d$ は、映像ミラー11D及びスリットS2の形状定義式、並びに、映像ミラー11D、撮像装置12D、光源63、及びマスク64などの位置関係、マスク64の回転角 $\phi$ から、三角測距の原理に基づいて算出可能である。つまり、距離 $d$ は、回転角 $\phi$ と観測位置 $r$ （図2参照）とから算出される。

【第5の実施形態】図9は第5の実施形態に係る3次元

情報計測装置1Eの構成を示す図、図10は3次元情報計測装置1Eに用いられる他の走査レンズ17の外観を示す斜視図である。

【0044】図9に示されるように、3次元情報計測装置1Eにおいても、第1の実施形態に係る3次元情報計測装置1Aの場合と同様な形状の映像ミラー11Eが設けられる。映像ミラー11Eの下方に、受光軸が軸Jに一致するように撮像装置12Eが設けられている。

【0045】撮像装置12Eの下方で且つ軸Jに沿って、光源13E、走査光学系14E、走査ミラー15E、及び回転駆動装置16Eがこの順で設置されている。光源13Eからは参照光が発せられ、走査光学系14Eを通ることによって適切な径を有する参照光ビームに整えられる。この参照光ビームは、走査ミラー15Eで反射して進行方向が変わり、走査レンズ17を通過した後投射される。走査レンズ17は、軸Jに平行な上下方向に位置制御が可能である。これにより、走査レンズ17への参照光ビームの入射位置が変化し、投射されるビームの偏角が変わる。

【0046】例えば、図9に示すように走査レンズ17として凹レンズを使用した場合において、走査レンズ17がY51の位置にある場合には、参照光ビームは実線P51の方向に投射され、走査レンズ17がY52の位置にある場合には、参照光ビームは実線P52の方向に投射される。すなわち、実線P51とP52との間の矢印B'で示す角度範囲において、参照光ビームが照射される。この角度範囲内に物体が存する場合に、その物体は参照光ビームによって軸Jに沿った方向に走査される。これが本実施形態における副走査である。物体からの反射光は、破線P53、P54などで示される経路を経て撮像装置12Eに入射する。

【0047】回転駆動装置16Eは、モータまたはモータとギヤなどからなり、走査ミラー15E及び走査レンズ17、又はそれらに加えて光源13Eと走査光学系14Eのいずれか又は両方を、矢印Aで示すように軸Jを中心として回転させる。これによって、走査レンズ17から投射される参照光ビームは、軸Jを中心とする周方向に変化するように偏向され、軸Jのまわりの全ての方位に照射される。したがって、軸Jのまわりのどの方位に存する物体に対しても、参照光ビームによる走査が行われる。これが本実施形態における主走査である。

【0048】上述した主走査と副走査とを組み合わせることによって、矢印B'で示す角度範囲について全ての方位に走査が行われ、その範囲内に存する物体の計測が行われる。すなわち、主走査の1周期（矢印Aの方向の1回転）に対し、走査レンズ17の位置をずらすことにより参照光ビームの照射角度を副走査方向の分解能だけ変化させ、この角度の変化を矢印B'で示す範囲で片道1回の副走査の間繰り返す。これによって、矢印B'で示す範囲において、軸Jまわりの全方位にわたって、

存する物体を参照光ビームで走査する。

【0049】なお、上述の実施形態では走査ミラー15Eと走査レンズ17をともに軸Jまわりに回転させて主走査を行うようにしたが、走査レンズ17を、例えば、図10に示すように環状の走査レンズ17Eとし、その中心軸を含む面による断面を凹レンズの形状としてもよい。このような走査レンズ17Eを、その中心軸が軸Jと一致するように設置すれば、走査ミラー15Eのみを回転させることで主走査が可能になる。もちろんこの場合にも、副走査を行うにあたっては走査レンズ17Eを上下方向に位置制御することが必要である。なお、走査レンズ17Eの断面の形状を凸レンズの形状とすることも可能である。

〔3次元情報の算出方法の説明〕次に、3次元情報算出部PRにおける3次元情報の算出処理について、図1乃至図17を参照して説明する。

【0050】図11は3次元情報計測装置1と計測の対象となる物体OB上の点Pとの光学的な関係を示す図、図12は撮像装置12によって観測される参照光スポットの軌跡Zの撮像素子71上における結像状況を模式的に示す図、図13は3次元情報計測装置1の処理回路の例を示すブロック図、図14は3次元情報計測装置1の処理回路の他の例を示すブロック図、図15は撮像素子71上における投射光の太さ及び輝度の一例を示す図、図16は撮像素子71のある1つの画素に注目して、投射光によって1フレーム毎に照射されるときに光量の変化をプロットした図、図17は画像データの時間重心演算を行う処理回路10の構成を示すブロック図である。

【0051】撮像装置12には、映像を電気信号に変換するためにCCDなどの撮像素子が使用されている。ところで、現在実用化されている撮像素子の多くは、直交座標系に配列された多数の受光素子で構成されている。したがって、前述の図3で示したように、ある副走査タイミングにおける参照光ビームの主走査1周期分又は円環状の参照光（これらを「投射光」ということがある）の軌跡Zの画像は、撮像素子71上では模式的に図12のように結像していることとなる。

【0052】撮像素子71上の画像に基づいて3次元情報を算出するには、撮像素子71の各画素が、刻々と走査されていく投射光のうちの時点の投射光に基づくものであるかを知ることにより行われる。

【0053】いま、撮像素子71がCCDであるとして、撮像素子71上の座標（ $H_i, V_j$ ）で示される1つの画素E1に着目する。画素E1上には、画素E1と撮像装置12のレンズ主点73とを結んだ直線（光線）L0が映像ミラー11により反射した直線（光線）L1上に存在する点Pの像が結像する。

【0054】直線L0と直線L1とのなす角度 $\gamma$ は、直線L0の映像ミラー11への入射角に応じて定まる。したがって、直線L1の水平線に対する角度も定まる。画



素E 1上の像に対応する点Pは、直線L 1上のどこかに存在する。

【0055】投射光の像を撮像装置12で撮影し、画素E 1の出力（電気信号）に注目していると、画素E 1に対応する点Pを投射光が通過する際に、その出力がピーク値を示す。したがって、画素E 1の出力がピーク値を示す瞬間の投射光の投射角度 $\delta$ と、その投射光の起点となる点の空間座標である投光主点76とを把握することができれば、これら投射角度 $\delta$ と投光主点76とによって、どこかに点Pの存在する直線L 2が規定されることとなる。

【0056】以上のように導かれた直線L 1と直線L 2との交点が、点Pの3次元位置となる。このようなプロセスを撮像素子71上の全ての画素について適用すれば、全画素に対応する点についての3次元情報を算出することができる。

【0057】なお、投光主点76については、投射光学系75が各実施形態で様々な構成になっているため、それらの違いにより投光主点76の位置や位置の時間変化が異なる。しかし、投射光学系75を特定の構成とした場合には、時間変化と投射角度 $\delta$ とは1対1で対応する。したがって、3次元情報の算出には、投射角度 $\delta$ と投光主点76の位置とのうち投射角度 $\delta$ が検出できれば十分である。

【0058】図13において、矢印記号のうち太い矢印記号は主としてデータの流れを示し、細い矢印記号は主として指令の流れを示す。図14においても同様である。図13に示されるように、処理回路PR 1は、2つのメモリバンク81、82、比較器83、及びフレーム番号発生器84から構成される。メモリバンク81及びメモリバンク82は、それぞれ撮像装置12によって得られる画像と同じサイズの記憶容量を有したメモリである。

【0059】撮像素子71から出力されるアナログの画像データは、公知のアナログ処理回路を経てA/D変換された後、デジタルの画像データとして処理回路PR 1に入力される。

【0060】一方のメモリバンク81には、各画素の画像データのうち輝度値が書き込まれる。他方のメモリバンク82には、撮像素子71の各画素について輝度がピーク値を示す時点の画像のフレーム番号が書き込まれる。ここで、画像のフレーム番号は、3次元情報を入力するための上述のプロセスが開始されてからの経過時間に対応する。つまり、画像のフレーム番号は、物体OBを副走査方向に走査する際の投射光の投射角度 $\delta$ に対応することとなる。

【0061】処理回路PR 1に入力される画像データの輝度値S 11は、比較器83によって、各画素の過去の最大輝度値を記憶しているメモリバンク81の当該画素の輝度値S 12と比較される。もし、入力された輝度値

S 11がメモリバンク81に記憶されている輝度値S 12よりも大きければ、メモリバンク81のその画素に相当する番地の輝度値を輝度値S 11に書き換えた上、メモリバンク82の当該番地の内容をフレーム番号発生器84から供給されるフレーム番号に書き換える。

【0062】この処理を、撮像素子71の画素配列のライン数、及びその他の条件から定まる総フレーム数だけ繰り返すと、メモリバンク81には、各画素の出力がピーク値になったときの輝度値が記憶され、また、メモリバンク82にはそれに対応するフレーム番号が記憶されることになる。メモリバンク82に記憶されたフレーム番号をもとに、各画素について、輝度がピーク値を示す時点の投射光の投射角度 $\delta$ が求められる。

【0063】処理回路PR 1によると、比較的簡単な回路構成によって投射光の投射角度 $\delta$ （又はそれに対応する物理量）を求めることができる。しかし、処理回路PR 1においては、投射角度 $\delta$ の分解能を撮像素子71の画素ピッチより高くすることはできない。

【0064】そこで、処理回路PR 1の回路構成を発展させ、投射角度 $\delta$ を求めるに際し、より高い分解能を達成することのできる処理回路PR 2について、図14を参照して説明する。

【0065】図14に示されるように、処理回路PR 2は、ディレイメモリ96a、96b、96c、96d、メモリバンク91、92、93、94、95、98、比較器97、及びフレーム番号発生器99から構成される。各メモリバンク91～95、98は、それぞれ撮像装置12によって得られる画像と同じサイズの記憶容量を有したメモリである。ディレイメモリ96a～dは、入力される画像データをそれぞれ1フレームずつ遅延させる。

【0066】ディレイメモリ96a～dは、それぞれ直列に接続されており、各ディレイメモリ96a～dの出力信号は、それぞれメモリバンク92～95に取り込まれる。これにより、5フレーム分の連続した画像データを同時に参照することができる。

【0067】処理回路PR 2に入力された画像データの輝度値S 21は、2フレーム分だけ遅延された時点で、比較器97によって、その画素についての過去の最大出力値を記憶しているメモリバンク93の当該画素についての輝度値S 22と比較される。もし、2フレーム分だけ遅延された画像データの輝度値S 21がメモリバンク93の当該画素に対応する輝度値より大きければ、その時点で、メモリバンク91～95のそれぞれに入力されている輝度値に、それぞれのメモリバンク91～95の当該番地の輝度値が書き換えられる。さらに、メモリバンク98の当該番地の内容が、フレーム番号発生器99から供給される出力データのフレーム番号に書き換えられる。

【0068】このような処理を、撮像素子71の画素配

列のライン数、及びその他の条件から定まる総フレーム数だけ繰り返すと、メモリバンク91～95、98には次の内容が記憶される。すなわち、メモリバンク93には各画素がピーク値を出力したときのその輝度値が、メモリバンク92にはピーク値を示した1フレーム後の投射光によるその画素の輝度値が、メモリバンク91にはピーク値を示した2フレーム後の投射光によるその画素の輝度値が、それぞれ記憶される。一方、メモリバンク94にはピーク値を示した1フレーム前の投射光によるその画素の輝度値が、メモリバンク95にはピーク値を示した2フレーム前の投射光によるその画素の輝度値が、それぞれ記憶される。また、メモリバンク98にはそれらに対応するフレーム番号が記憶される。

【0069】ここで、投射光が、例えば図15に示されるように、その太さが撮像素子71上で結像した際に5画素相当のサイズであり、その輝度分布がガウス分布のように中央に1つのピーク値を持つ単調な山形の形状であるものとする。このような場合に、ある1つの画素に注目し、照射される光量の変化をフレーム毎にプロットすれば図16に示すグラフが得られる。

【0070】つまり、ある画素の光量は、5フレーム分において有意な値を示し、且つその値はフレーム毎に変化する。しかも、ガウス分布のように山形に変化する。したがって、一連の処理の終了後には、各メモリバンク91～95に記憶されるデータは、メモリバンク95、メモリバンク94の順で光量の値が増し、メモリバンク93で極大となり、メモリバンク92、メモリバンク91の順で光量が低下する。これら各メモリバンク91～95に記憶された5つのデータをもとに、それらの重心を計算することによって、フレーム間隔すなわち画素ピッチよりも細かな刻みで、投射光の中心点つまりはピーク値の位置を求めることができる。このような重心演算を行うアルゴリズムに関しては、本出願人が開示した特願平7-299921号に詳しく説明されている。

【0071】以上説明したように、処理回路PR2によると、撮像素子71の画素ピッチよりも高い分解能で投射光の投射角度 $\theta$ を求めることができ、したがって高精度に3次元情報を計測することができる。しかし、実際には、投射光学系75及び撮像装置12の光学系の特性などに起因して、投射光の像に何らかのノイズが加わることが多い。その結果、輝度分布に複数のピーク値が発生したり、分布が平坦となってピーク値の位置がはっきりしなくなったりし、理想形状から大きく外れることがある。その場合には、上述の方法ではピーク値の位置の計算結果がノイズに大きく左右されてしまう。

【0072】このようなノイズの影響は、輝度のピーク値が得られたタイミングの前後に、2フレームずつにとどまらず、もっと十分に長い期間をとって、その間の光量に基づいて演算を行うことにより低減することができる。その方法について、図17を参照して説明する。

【0073】図17に示されるように、処理回路10は、減算器121、定常光データメモリ122、第1演算装置123、第2演算装置124、及び除算器125から構成される。

【0074】撮像装置12から出力された画像データ $X_i$ は、減算器121によって投射光以外の不要な定常光成分が除去された後、第1演算装置123及び第2演算装置124に送られる。

【0075】第1演算装置123は、撮像素子71の各画素について、画像データ $X_i$ とその画像データ $X_i$ が出力されたタイミングすなわちフレーム番号 $i$ との積 $X_i \cdot i$ を求め、その全フレームにわたる総和 $\Sigma(X_i \cdot i)$ を算出する。第2演算装置124は、前述の画像データ $X_i$ の全フレームにわたる総和 $\Sigma X_i$ を算出する。そして、除算器125において、画像データ $X_i$ の時 $P$ 重心 $\Sigma(x_i \cdot i) / \Sigma x_i$ を算出する。なお、この演算方法については、本出願人が開示した特願平8-308106号において詳しく説明されている。

【0076】上述の第1～第4の実施形態の3次元情報計測装置1A～Eによると、広い角度範囲にわたる空間に配置された物体の3次元情報を計測することができる。特に、撮像装置として用いられる映像ミラー11A～Eを移動させる必要がないので、従来のようにその駆動装置が不要であり、したがって駆動装置の小型化を図ることができる。また、駆動される部分を軽量且つ小型化することができるので高速での駆動を安定して行うことができる。したがって、軸Jのまわりに配置された物体の3次元情報を比較的簡単な構成で高速に且つ安定して入力することができる。特に、第2及び第3の実施形態においては、放射状の参照光が用いられており、走査ミラー44及びマスク54を主走査方向に駆動する必要がないため、この利点は更に強調される。

【0077】上述の実施形態において、3次元情報計測装置1A～Eは軸Jのまわりの360度の視野範囲にわたって存在する物体の3次元情報の入力が可能である。したがって、3次元情報の入力に際し、装置自体を移動させる必要がなく、例えばワンショットの容易な操作又は動作のみで全周の3次元情報の計測を行うことができる。

【0078】上述の実施形態において、3次元情報計測装置1A～Eは軸Jまわり360度の視野範囲にわたって存在する物体の3次元情報の入力が可能であるが、視野範囲が例えば180度又は270度などの場合でも勿論適用可能である。この場合において、映像ミラー11A～Eとして、計測範囲外の部分の欠けるものを用いてもよく、また、参照光ビーム又は参照光における主走査範囲の不要な部分を省略することもできる。

【0079】上述の実施形態において、光学的な機構部と3次元情報算出部PR又は処理回路PR1、2とは、同一の筐体内に組み込んでよいし、また互いに別の筐

体内に組み込んでもよい。3次元情報算出部PR又は処理回路PR1、2の全体又は一部として、パーソナルコンピュータなどを用いることも可能である。その他、3次元情報計測装置1A～Eの全体又は各部の構造、形状、及び配置位置、また、処理回路PR1、PR2の回路構成、処理内容などは、本発明の主旨に沿って適宜変更することができる。

#### 【0080】

【発明の効果】本発明によると、広い角度範囲にわたる空間に配置された物体の3次元情報を比較的簡単な構成で高速に且つ安定して計測することができる。

【0081】請求項3の発明によると、主走査方向に駆動する必要がないので、一層の高速化と安定化を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る3次元情報計測装置の構成を示す図である。

【図2】3次元情報計測装置が3次元形状の物体の置かれた環境下に設置された状態を示す図である。

【図3】撮像装置によって観測される参照光スポットの軌跡を示す図である。

【図4】第2の実施形態に係る3次元情報計測装置の構成を示す図である。

【図5】第3の実施形態に係る3次元情報計測装置の構成を示す図である。

【図6】第3の実施形態に用いられるマスクの外観を示す図である。

【図7】第4の実施形態に係る3次元情報計測装置の構成を示す図である。

【図8】第4の実施形態に用いられるマスクの外観を示す図である。

【図9】第5の実施形態に係る3次元情報計測装置の構成を示す図である。

【図10】3次元情報計測装置に用いられる環状レンズの外観を示す斜視図である。

【図11】3次元情報計測装置と計測の対象となる物体

上の点との光学的な関係を示す図である。

【図12】参照光スポットの軌跡の撮像素子上における結像状況を模式的に示す図である。

【図13】3次元情報計測装置の処理回路の例を示すブロック図である。

【図14】3次元情報計測装置の処理回路の他の例を示すブロック図である。

【図15】撮像素子上における投射光の太さ及び輝度の一例を示す図である。

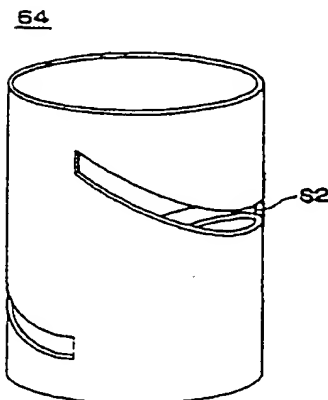
【図16】撮像素子の1つの画素についての光量の変化を示す図である。

【図17】画像データの時間重心演算を行う処理回路の構成を示すブロック図である。

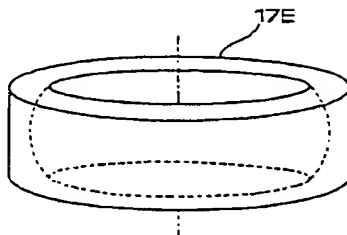
#### 【符号の説明】

- 1, 1A～E 3次元情報計測装置
- 11, 11A～E 映像ミラー（回転体型ミラー）
- 12, 12A～E 撮像装置（撮像装置）
- 15A, 15E 走査ミラー（参照光投射手段、副走査手段）
- 16A, 16E 回転装置（主走査手段）
- 17 走査レンズ（放射状参照光投射手段）
- 17E 走査レンズ（放射状参照光投射手段）
- 45 走査ミラー（放射状参照光投射手段）
- 46 駆動装置（副走査手段）
- 54 マスク（放射状参照光投射手段）
- 55 駆動装置（副走査手段）
- 64 マスク（放射状参照光投射手段）
- 65 駆動装置（主走査手段、副走査手段）
- J 軸（中心軸）
- OB 物体（対象物）
- $\delta$  投射角度
- Z 参照光スポットの軌跡（投影像）
- r 観測位置（位置）
- d 距離（3次元情報）
- PR 3次元情報算出部（3次元情報算出手段）
- PR1, PR2 処理回路（3次元情報算出手段）

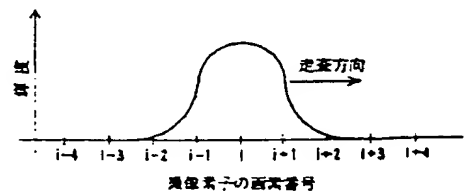
【図8】



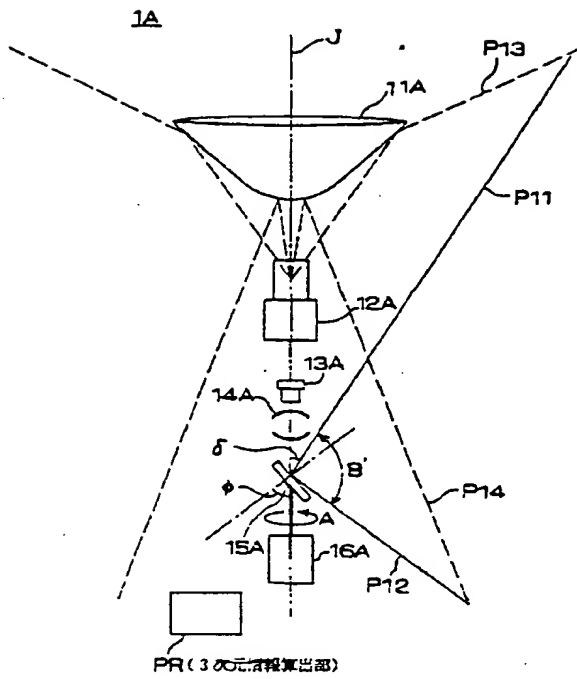
【図10】



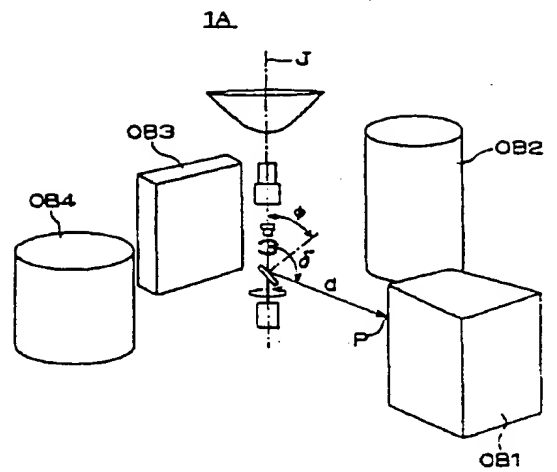
【図15】



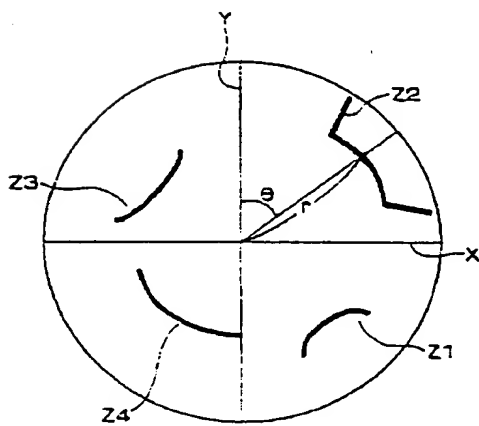
【図1】



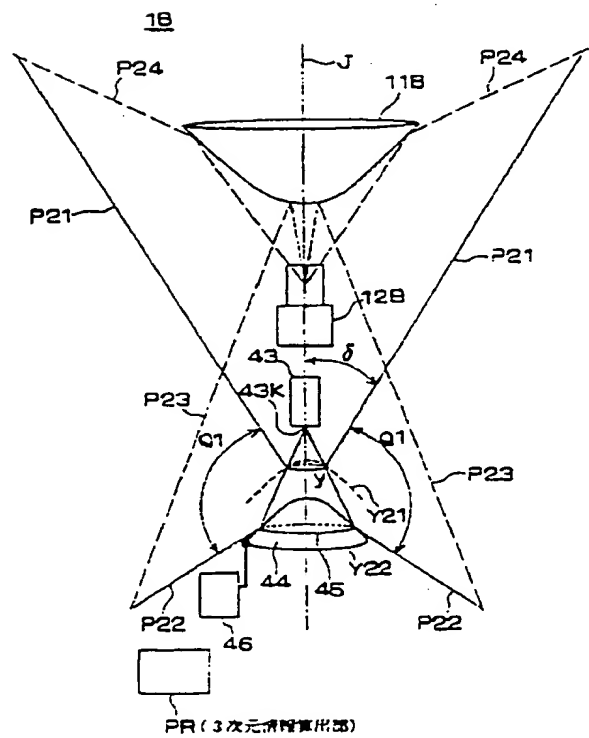
【図2】



【図3】

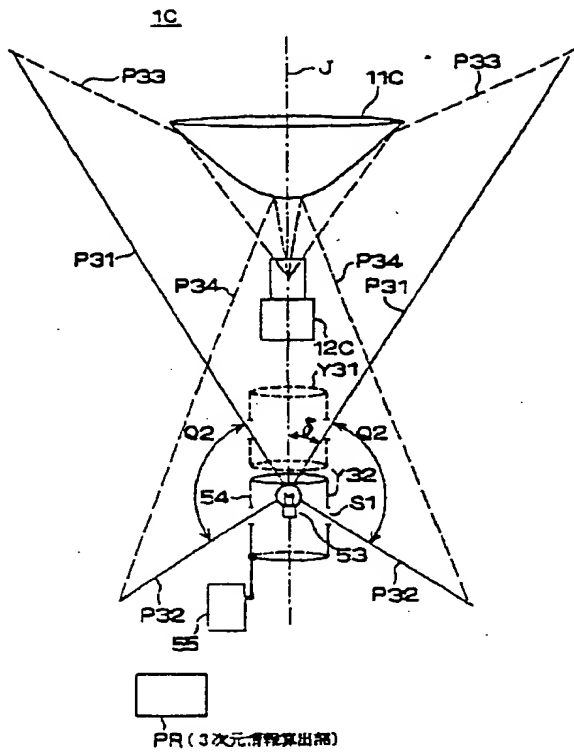


【図4】

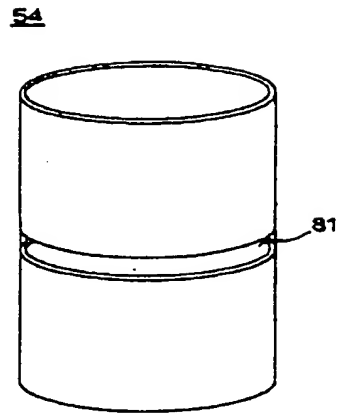


(11)

【図5】

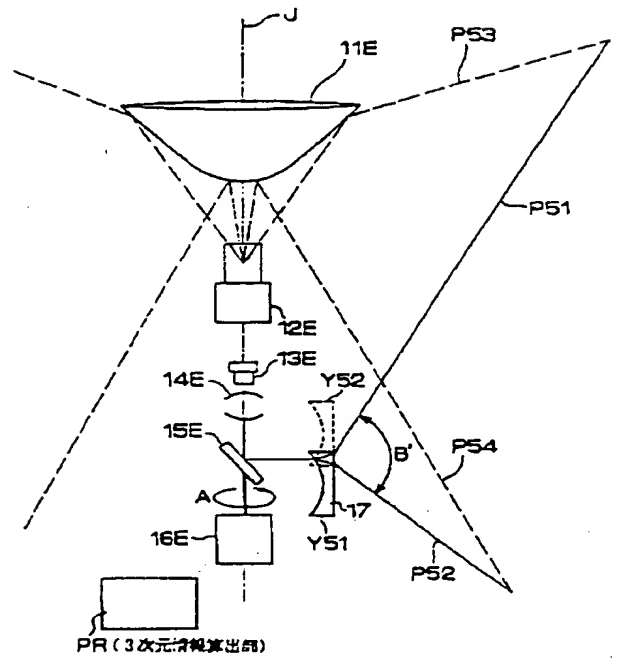


【図6】

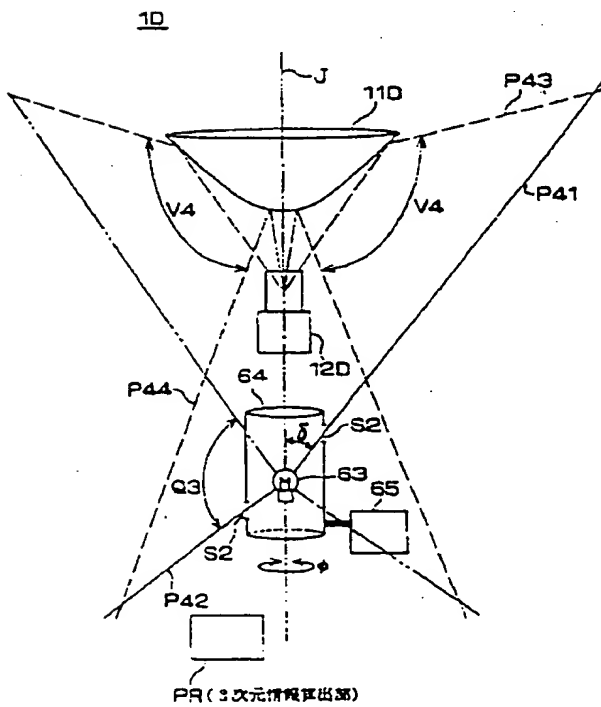


【図9】

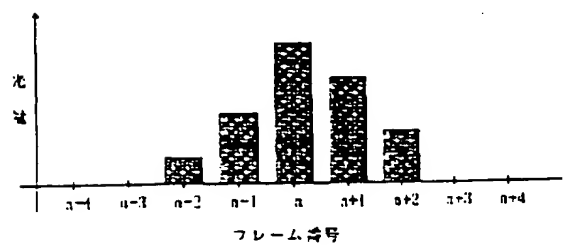
1E



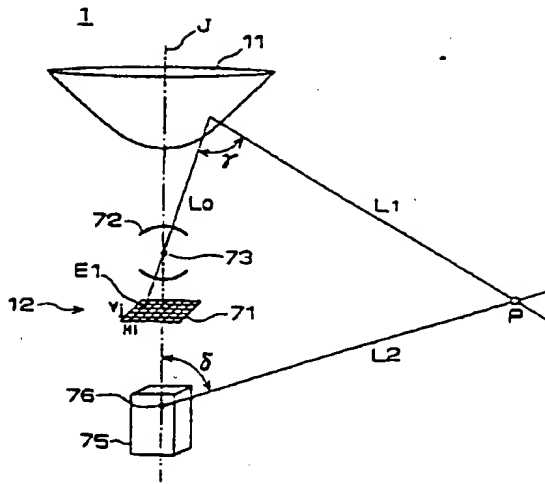
【図7】



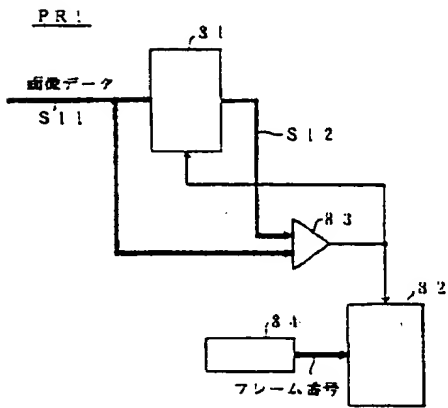
【図16】



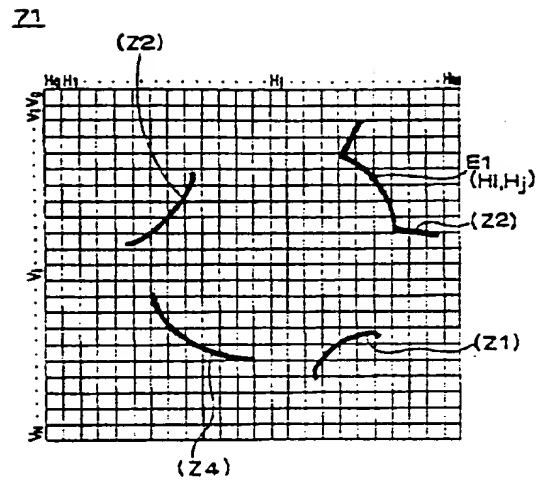
【図 1 1】



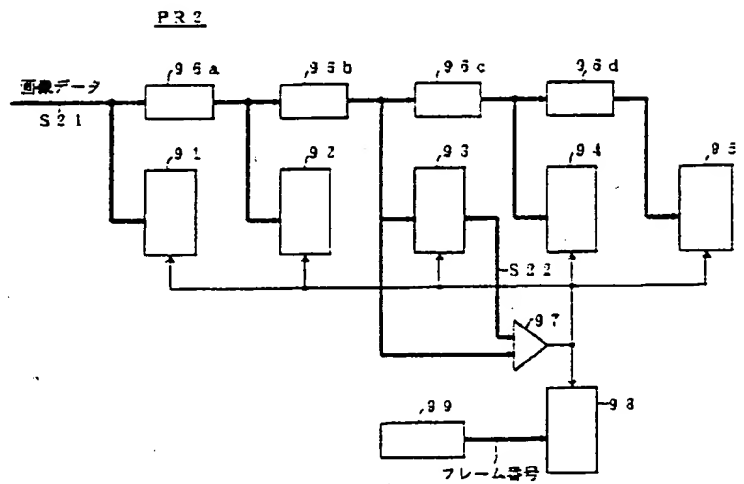
【図 1 3】



【図 1 2】



【図 1 4】



【図 1 7】

